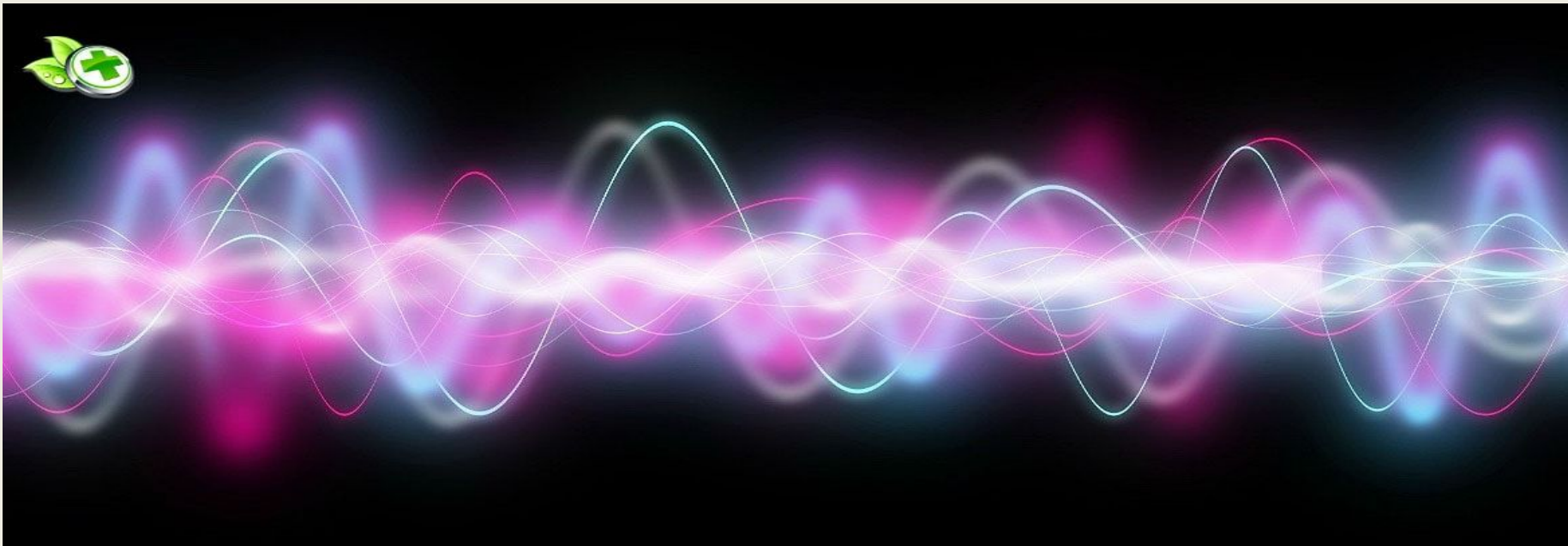


*Электромагнитное поле.  
Электромагнитные волны.*



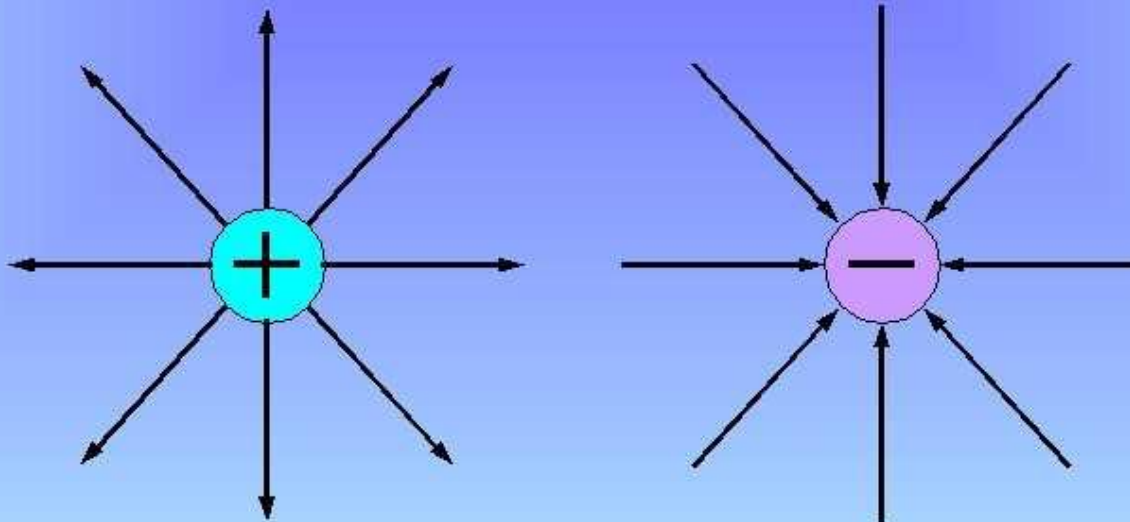
# ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

- каждое заряженное тело создает в окружающем пространстве электрическое поле.
- напряженность электрического поля – векторная физическая величина равная

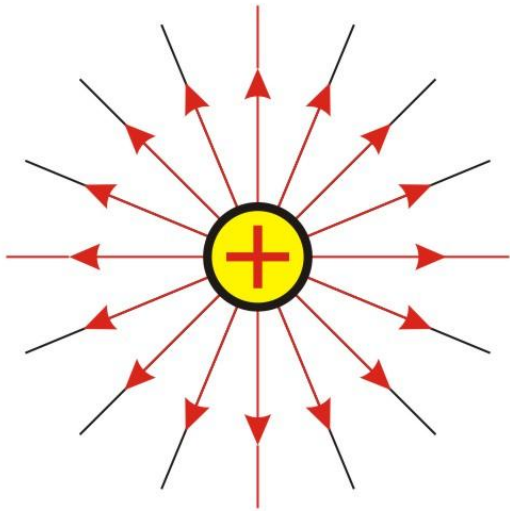
$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_1}{\epsilon}$$

# Электрическое поле

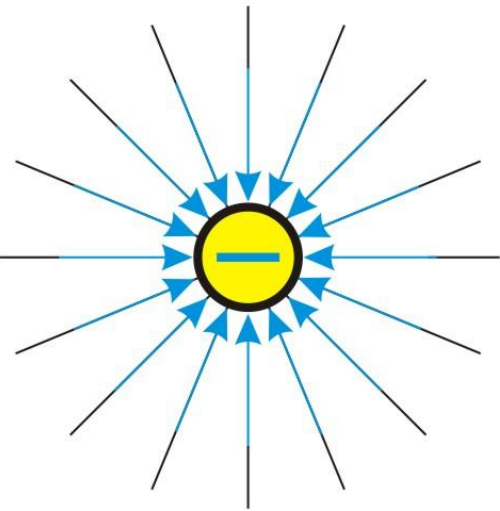
- **Электрическое поле** –  
особый вид материи, который
  - существует вокруг любого заряженного тела,
  - действует на заряженные тела с некоторой силой,
  - распространяется со скоростью  $300\ 000\ \text{км/с}$



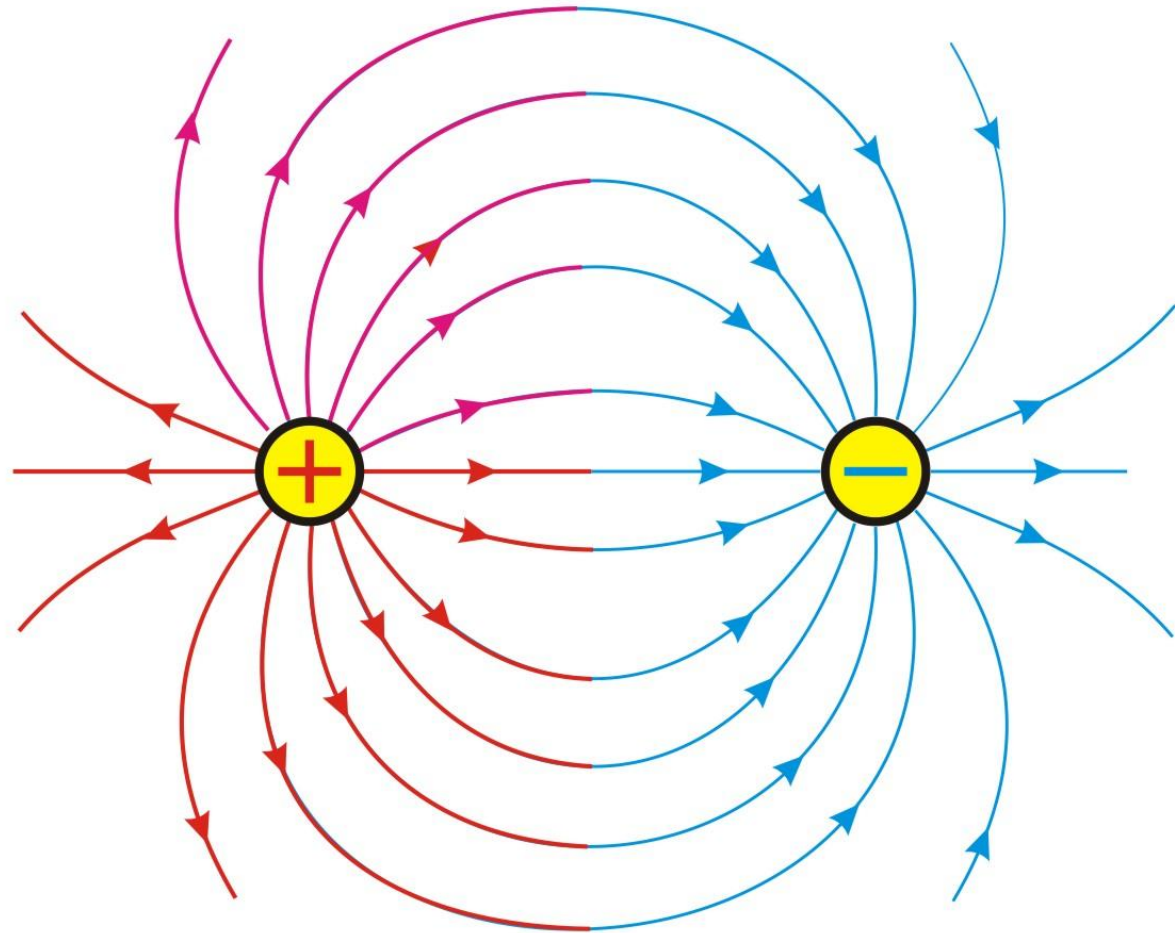
# Линии напряженности электрического поля



*а) положительный заряд*

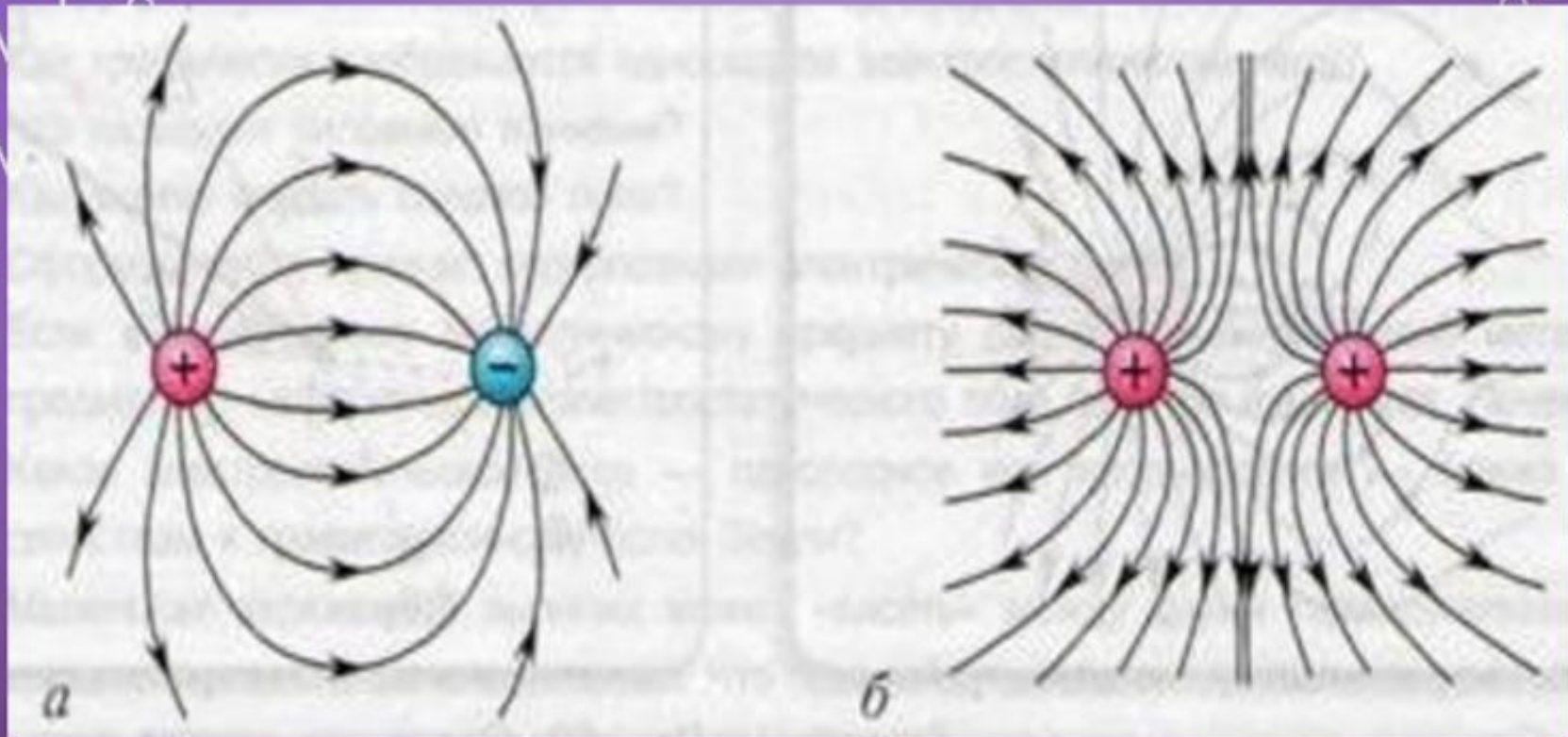


*б) отрицательный заряд*



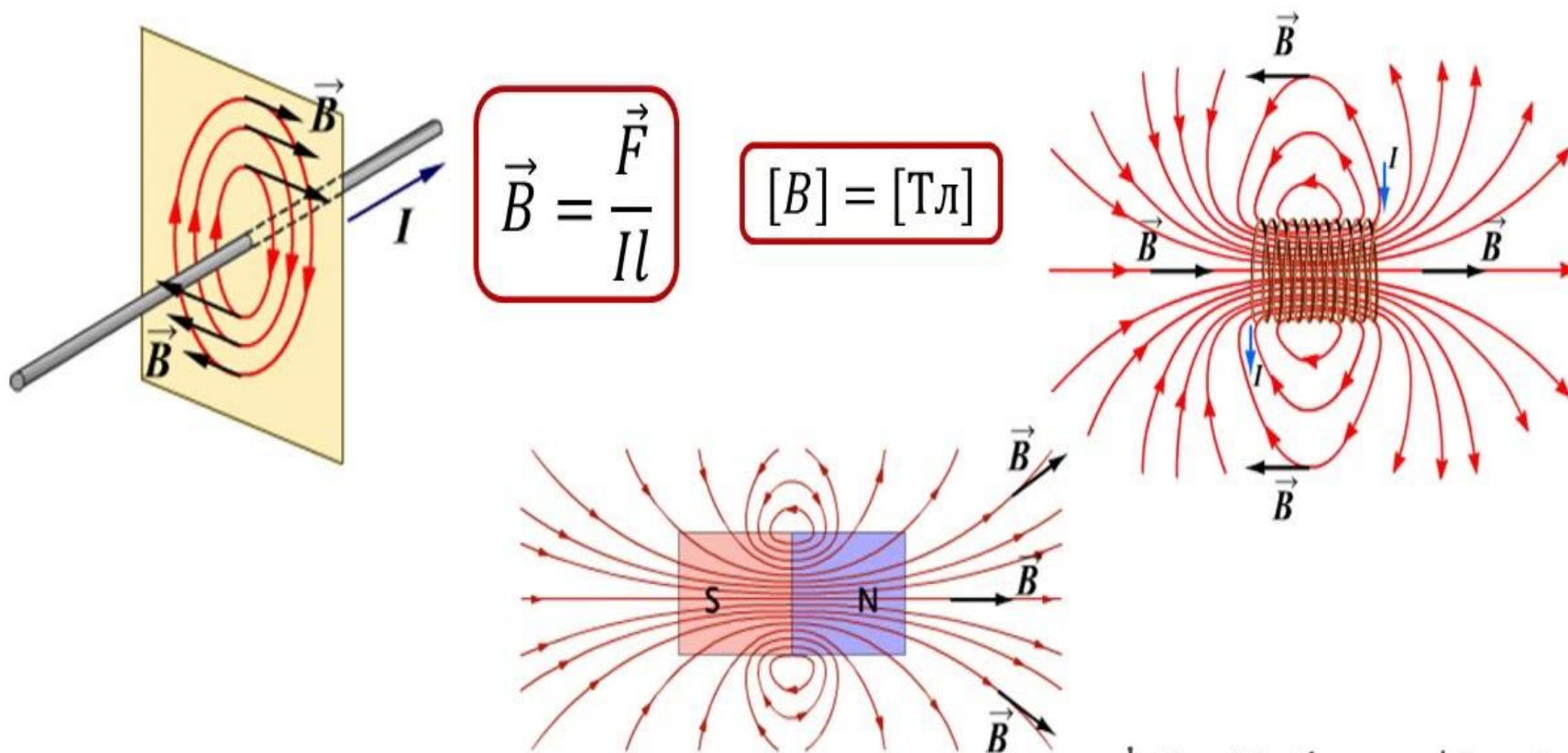
*в) поле из двух простейших точечных тел, обладающих одинаковыми по величине разноименными зарядами*





**Силловые линии поля электрического диполя (а) и  
одноименных зарядов (б)**

**Магнитная индукция** — это векторная физическая величина, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля, численно равная отношению модуля силы, с которой магнитное поле действует на расположенный перпендикулярно магнитным линиям проводник с током, к силе тока в проводнике и его длине.

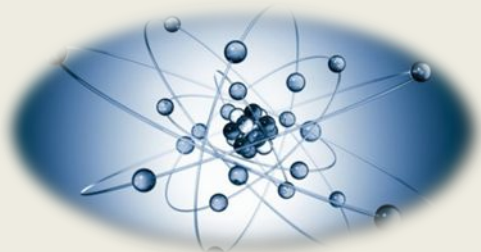


$$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{Il}$$

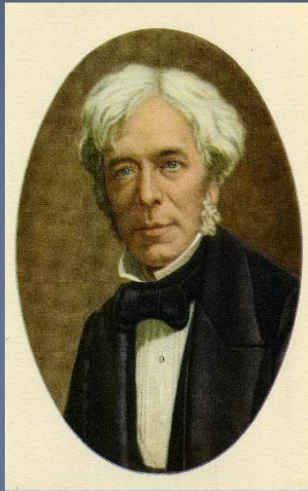
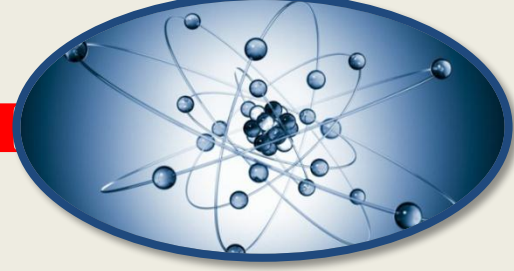
$$[B] = [Тл]$$

Известно, что явление электромагнитной индукции было открыто Майклом Фарадеем в 1831 году.

Согласно явлению электромагнитной индукции при изменении магнитного потока, пронизывающего контур замкнутого проводника, в этом проводнике возникает индукционный ток. Но, как мы знаем, ток может возникнуть только при наличии электрического поля.



# Явление электромагнитной индукции 1831 г.

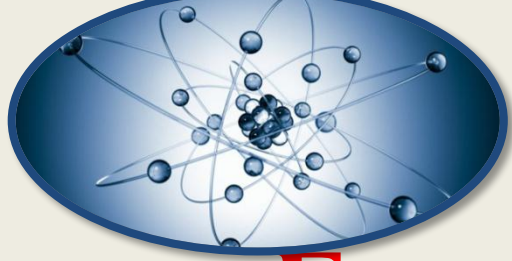


Фарадей Майкл (Faraday  
Michael) (1791–1867)

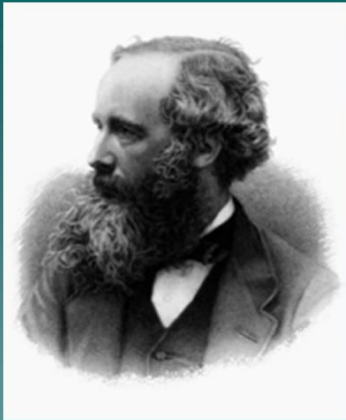
Согласно явлению электромагнитной индукции при изменении магнитного потока, пронизывающего контур замкнутого проводника, в этом проводнике возникает индукционный ток.

В опытах Фарадея переменное магнитное поле, пронизывающее замкнутый контур проводника, создавало в нем электрическое поле, под действием которого и возникал индукционный ток.





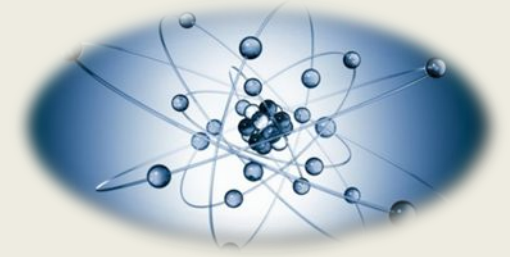
# Гипотеза Максвелла 1865 г.



Максвелл, Джеймс Клерк  
1831 - 1879

*Создал теорию  
электромагнитного поля.  
Теоретически доказал, что  
всякое изменение со  
временем магнитного поля  
приводит к возникновению  
переменного  
электрического поля, а  
всякое изменение со  
временем электрического  
поля порождает  
переменное магнитное  
поле.*

1831 - 1879  
Максвелл, Джеймс Клерк



- в 1865 году, когда Максвелл высказал **мысль о возможном равноправии полей.** Он теоретически доказал свое предположение, создав теорию электромагнитного поля на основе двух постулатов:

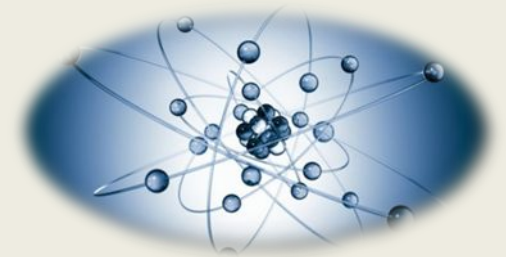
# Первый постулат:

- переменное магнитное поле создает в окружающем его пространстве вихревое электрическое поле, линии напряженности которого представляют собой замкнутые линии, охватывающие линии индукции магнитного поля.

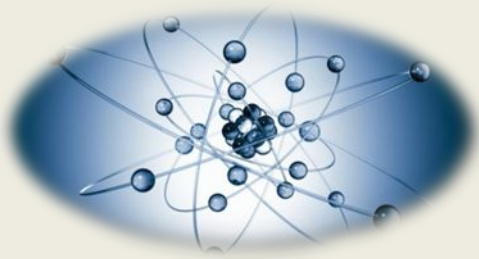


# Второй постулат:

- переменное электрическое поле создает в окружающем его пространстве вихревое магнитное поле, линии индукции которого охватывают линии напряженности переменного электрического поля.



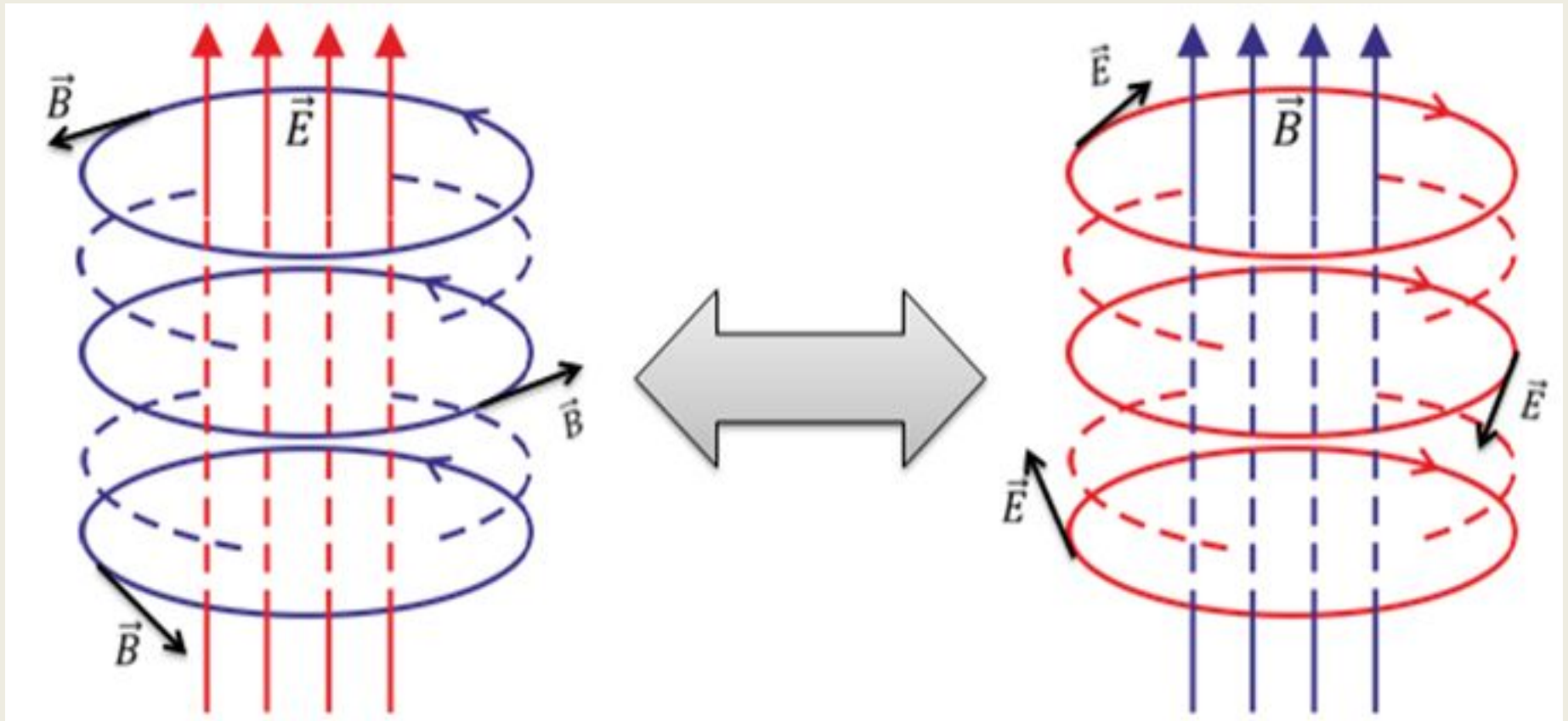




- **Переменное электрическое поле называется вихревым**, поскольку его силовые линии замкнуты подобно линиям индукции магнитного поля. Это отличает его от поля электростатического (т. е. постоянного, не меняющегося во времени), которое существует вокруг неподвижных заряженных тел. Напомним, что силовые линии электростатического поля начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных.

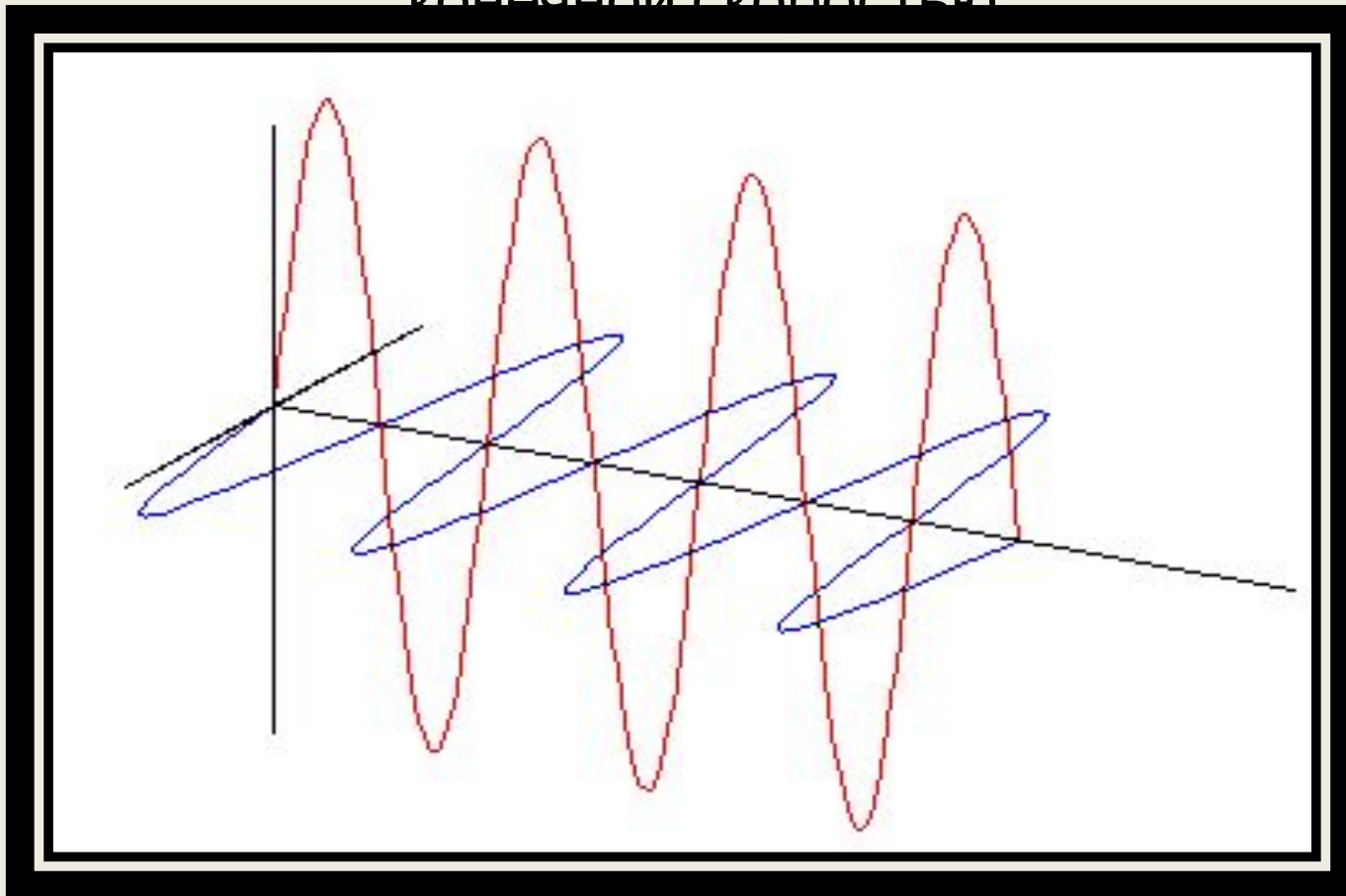
**Вихревое электрическое и магнитное поля  
"сцеплены" друг с другом, существуют  
одновременно и взаимно порождают друг друга.**

Нельзя создать переменное магнитное поле без того, чтобы в пространстве не возникло переменное вихревое электрическое поле.



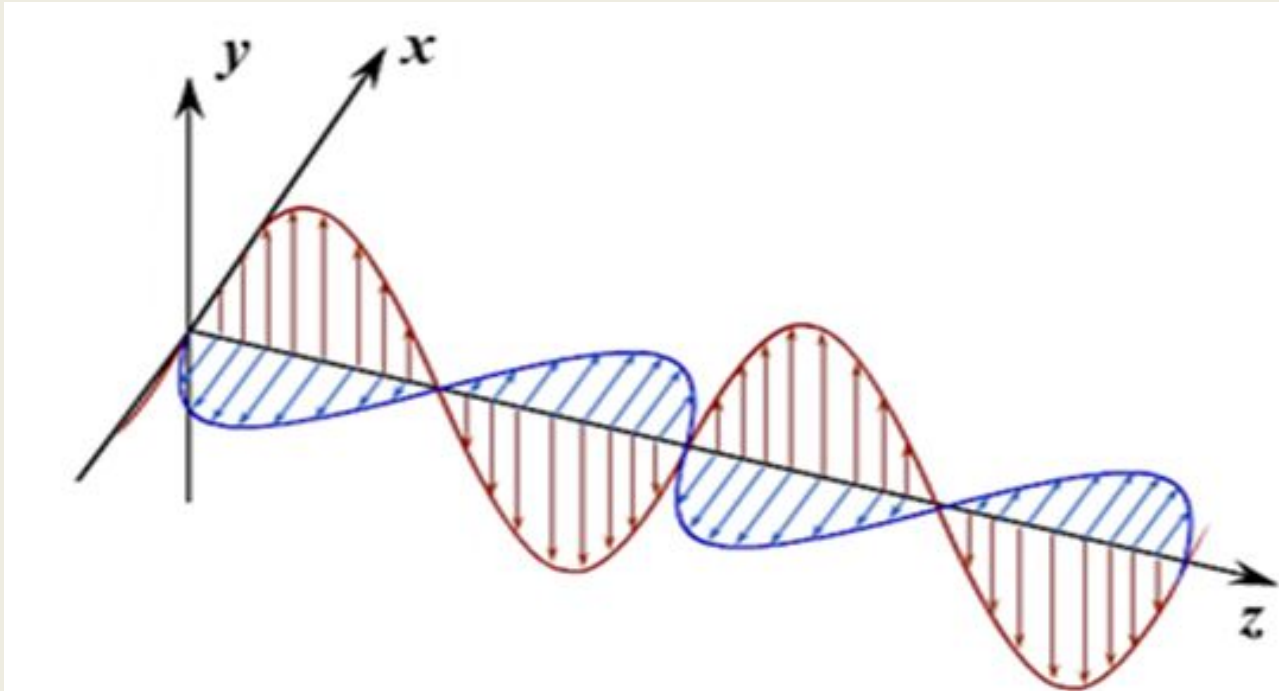
- Не менее важно, то обстоятельство, что электрическое поле без магнитного, и наоборот, могут существовать лишь по отношению к определенным системам отсчета. Так, покоящийся заряд создает только электростатическое поле. Но ведь заряд покоится лишь относительно определенной системы отсчета, а относительно другой он будет двигаться и, следовательно, создавать магнитное поле.
- **Совокупность неразрывно связанных друг с другом изменяющихся электрического и магнитного полей представляет собой электромагнитное поле.**

**Электромагнитные волны** - электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью





**Распространяющееся в пространстве периодически изменяющееся электромагнитное поле представляет собой электромагнитную волну.**



Этот процесс распространяется в пространстве по всем направлениям. **Причем эти волны могут существовать не только в веществе, но и в вакууме.**

Количественной характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции

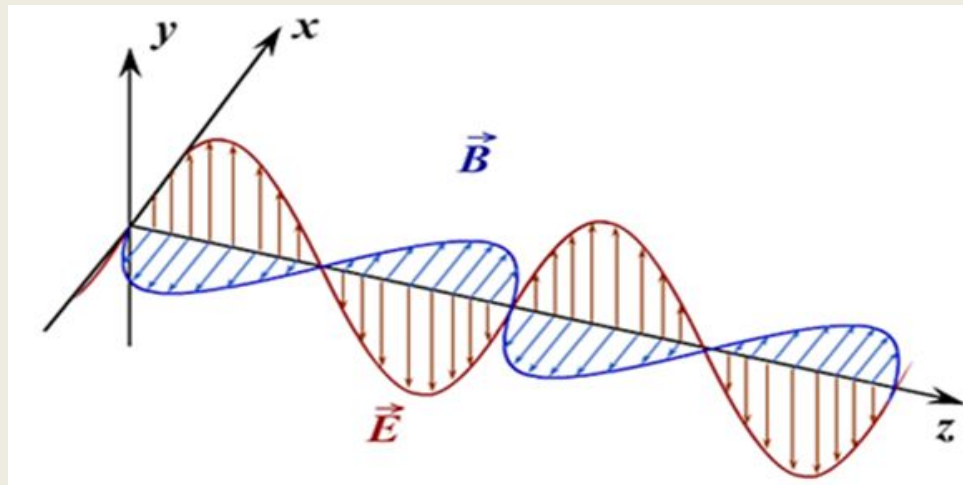
$$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{Il}$$

Основной же количественной характеристикой электрического поля служит векторная величина, называемая напряженностью электрического поля, которая обозначается буквой **E**.

**Напряженность** — это физическая векторная величина, характеризующая электрическое поле в данной точке и численно равная отношению силы действующей на неподвижный пробный заряд, помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда.

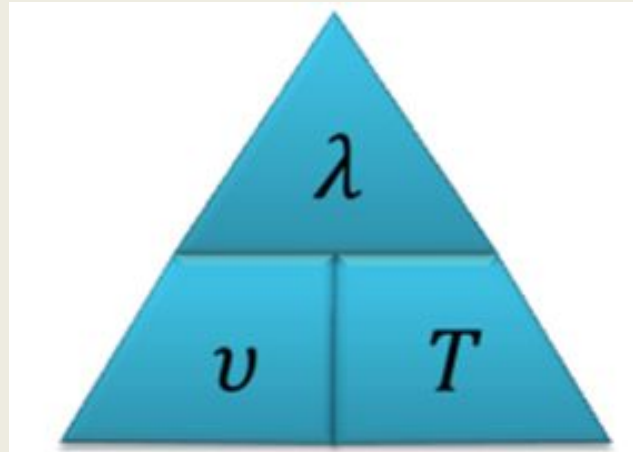
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

- Когда говорим, что магнитное и электрическое поля меняются, то это означает, что меняются соответственно вектор индукции магнитного поля и вектор напряженности электрического поля.
- На рисунке изображены вектор напряженности электрического поля и вектор индукции магнитного поля электромагнитной волны в один и тот же момент времени. Это как бы «моментальный снимок» волны, распространяющейся в направлении оси  $Oz$ .



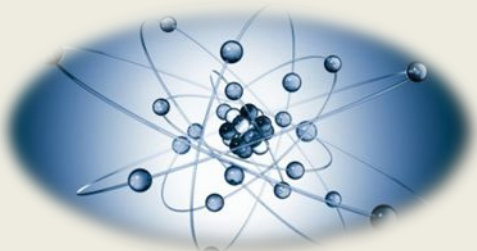
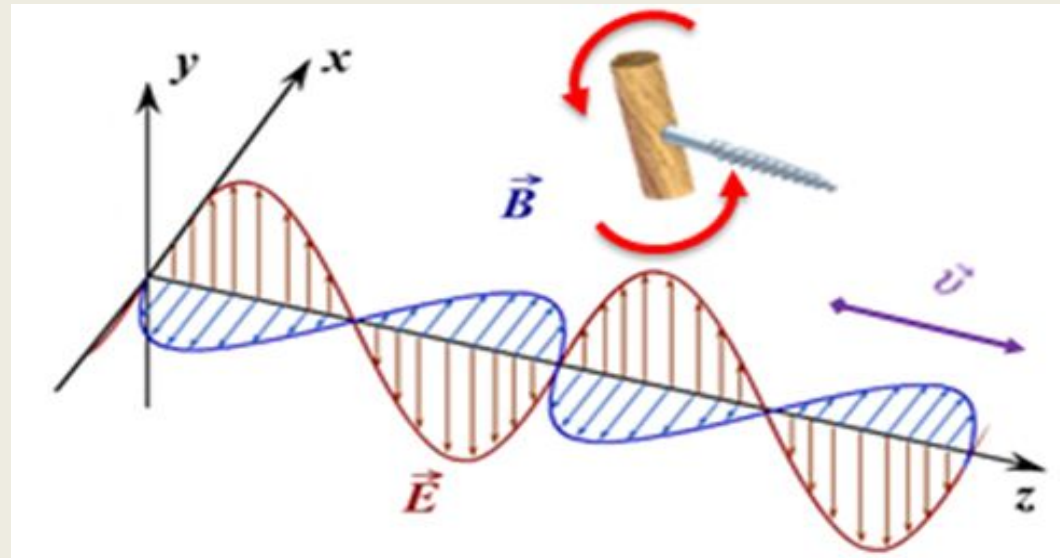
**Электромагнитная волна** — это поперечная волна, так как вектора напряженности и индукции перпендикулярны вектору скорости.

$$\underbrace{\vec{E} \perp \vec{v} \quad \vec{B} \perp \vec{v}}_{\vec{E} \perp \vec{B}}$$





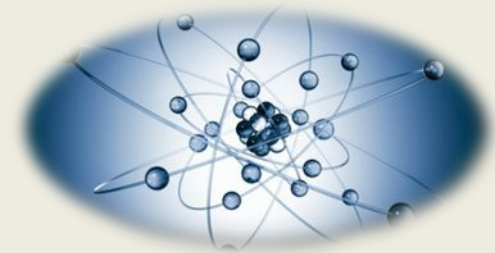
- Векторы напряженности электрического поля и индукции магнитного поля образуют с вектором скорости распространения **правовинтовую систему**: если головку правого винта расположить в плоскости векторов  $E$  и  $B$  и поворачивать ее в направлении от  $E$  к  $B$  по кратчайшему пути, то поступательное движение острия винта укажет направление вектора скорости в данный момент времени.



- Электромагнитная волна, как и упругая, является носителем энергии, причем перенос энергии совершается в направлении распространения волны.

$$W_{\text{эм}} = W_{\text{э}} + W_{\text{м}}$$

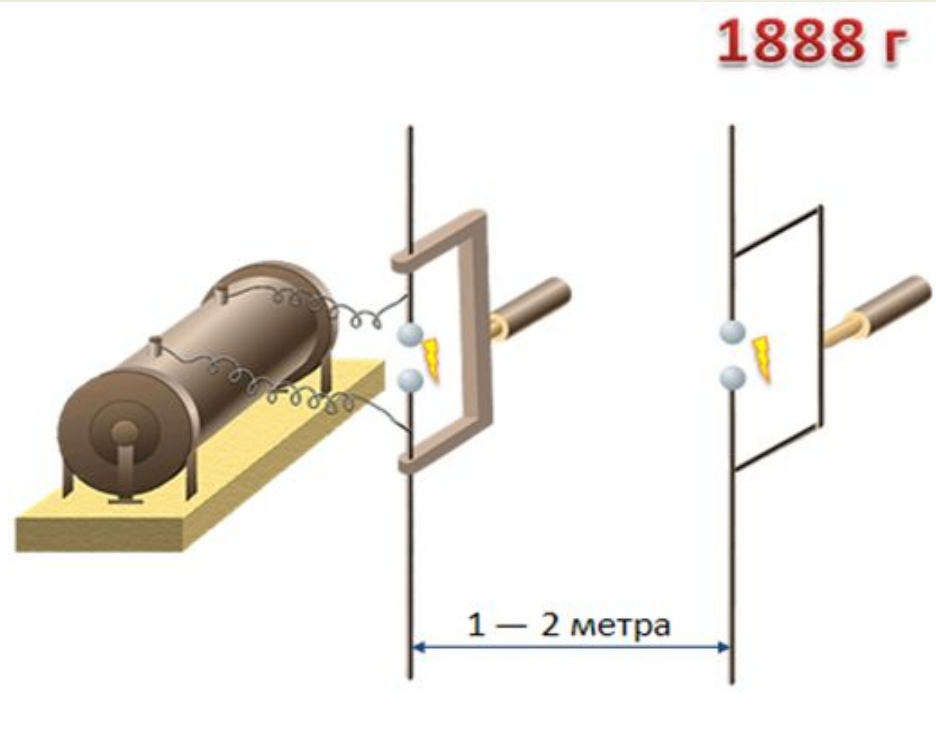
- Электромагнитные волны распространяются прямолинейно в однородной среде, испытывают преломление при переходе из одной среды в другую, отражаются от преград.
- Однако долгое время экспериментально никто не мог подтвердить существование электромагнитного поля и, как следствие, электромагнитных волн.



- Только в 1888 г. немецкому ученому Генриху Герцу удалось получить и зарегистрировать электромагнитные волны.
- Он разработал удачную конструкцию генератора электромагнитных колебаний (вibrator Герца) и метод их обнаружения способом резонанса.



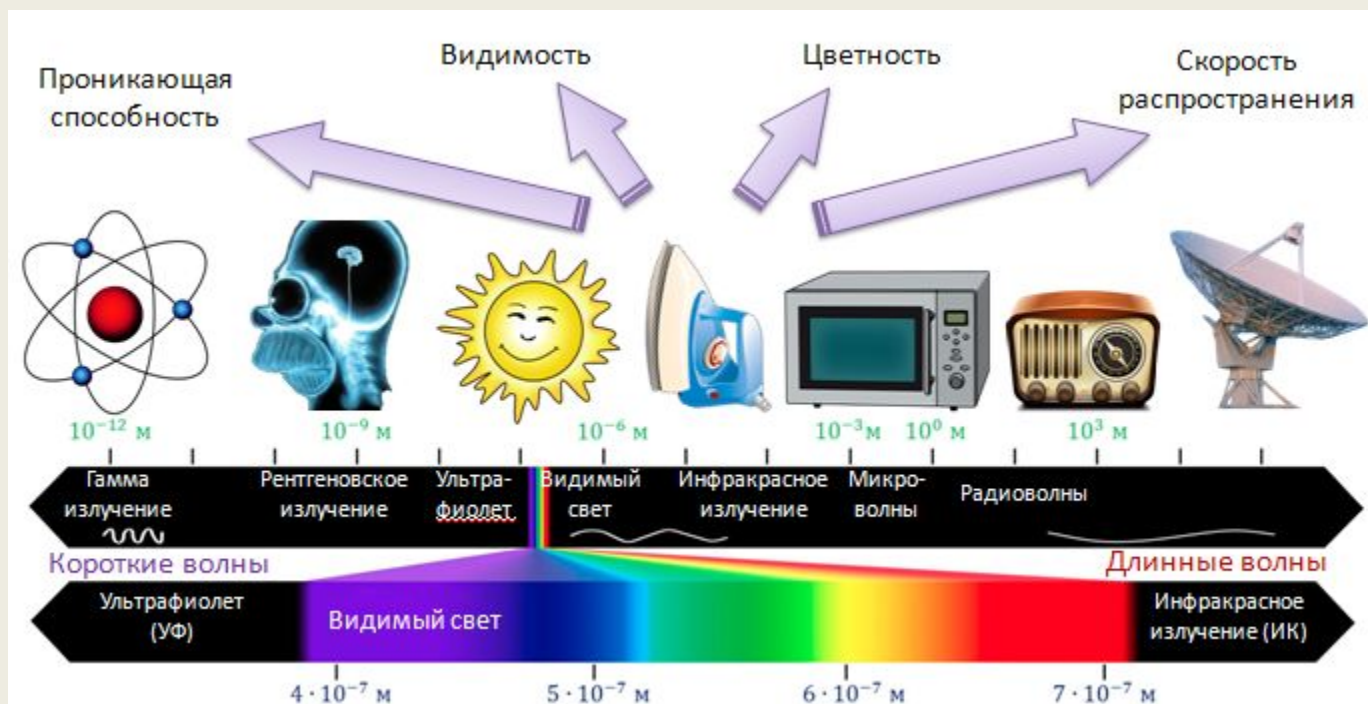
Генрих Рудольф Герц  
22. 02. 1857 — 01. 01. 1894



- В результате опытов Герца были также обнаружены все свойства электромагнитных волн, теоретически предсказанные Максвеллом.
- Сейчас известно, что всё пространство вокруг нас буквально пронизано электромагнитными волнами различных частот. В настоящее время все электромагнитные волны разделены по длинам волн (и, соответственно, по частотам) на шесть основных диапазонов.
- Границы диапазонов весьма условны, поэтому как в большинстве случаев соседние диапазоны несколько

| Красный         | Оранжевый       | Желтый          | Зеленый         | Голубой         | Синий           | Фиолетовый   |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| 760 – 620<br>нм | 620 – 590<br>нм | 590 – 560<br>нм | 560 – 500<br>нм | 500 – 480<br>нм | 480 – 450<br>нм | 450 – 380 нм |

Электромагнитные волны разных частот отличаются друг от друга проникающей способностью, скоростью распространения в веществе, видимостью, цветностью и некоторыми другими свойствами.



# Основные выводы:



- **Напряженность** — это физическая векторная величина, характеризующая электрическое поле в данной точке и численно равная отношению силы, действующей на неподвижный пробный заряд, помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда.
- **Электромагнитное поле** — это совокупность неразрывно связанных друг с другом изменяющихся электрического и магнитного полей.
- **Электромагнитная волна** — это распространяющееся в пространстве периодически изменяющееся электромагнитное поле.
- **Скорость распространения электромагнитной волны** в вакууме равна скорости света, а в среде эта скорость меньше и зависит от свойств среды.